

### BAB III

#### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Data Perencanaan

##### 3.1.1 Data Umum

- a. Nama : Gedung RUMAH SAKIT MITRA KELUARGA KENJERAN
- b. Lokasi : Jl. Kenjeran, Kel. Kalijudan Kec. Mulyorejo, Surabaya
- c. Kategori resiko : Resiko gempa IV
- d. Jenis bangunan : Gedung Rumah Sakit
- e. Tinggi bangunan : 27 M
- f. Luas bangunan : 16583 M<sup>2</sup>

##### 3.1.2 Data Teknis Bangunan

- Jenis bangunan : Konstruksi beton bertulang
- Jumlah lantai : 6 lantai + 1 basement + 1 roof top

**Tabel 3.1 Tinggi tingkat bangunan**

Lantai	Tinggi tingkat ( m )	Elevasi dari dasar ( m )
Dasar	3,50	- 3,50
Satu	5,00	+ 0,00
Dua	4,00	+ 5,00
Tiga	4,00	+ 9,00
Empat	4,00	+ 13,00
Lima	4,00	+ 17,00
Enam	4,00	+21,00
Atap		+ 25,00

### 1.1.3 Data Struktural Bangunan

**Mutu Bahan Plat Atap, Plat Lantai, Balok, Kolom, dan Pile Cap direncanakan.**

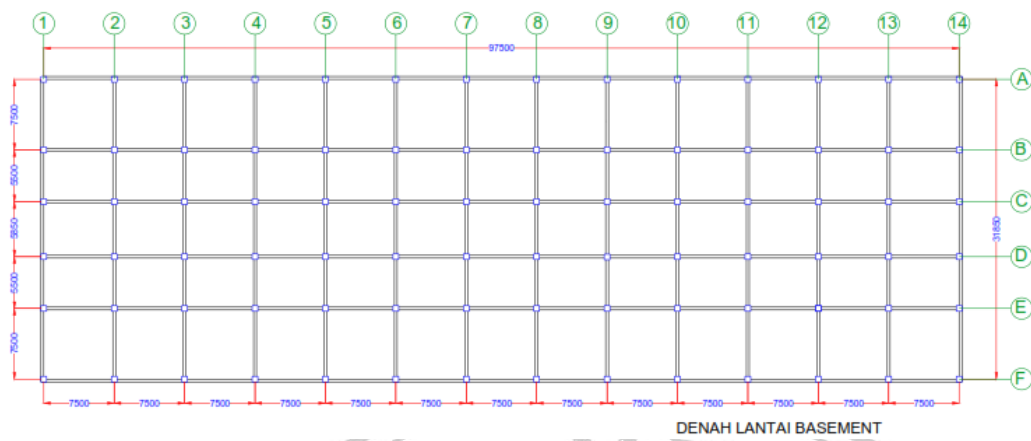
- Mutu beton bangunan digunakan  $f_c'$  : 30 Mpa
- Mutu baja tulangan  $f_y$  : 400 Mpa

**Beban Mati (SNI 1727-2013)**

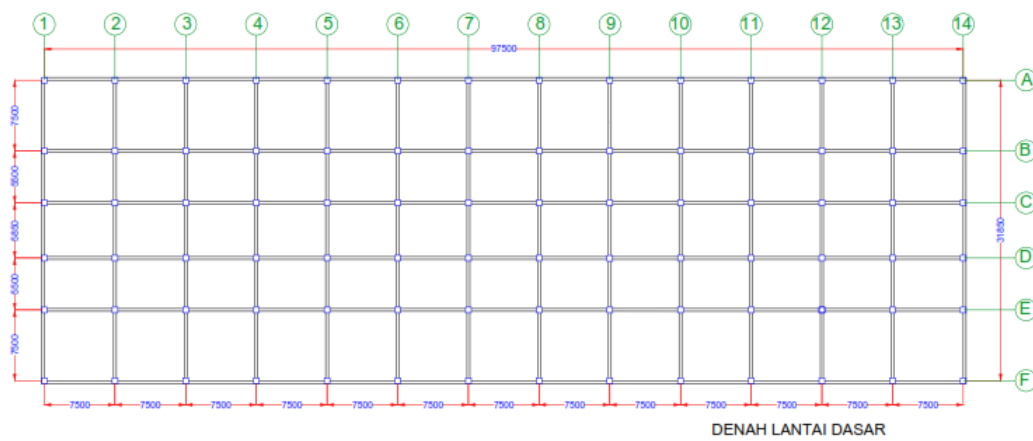
- Berat jenis beton bertulang : 24 KN/m<sup>3</sup>
- Berat ME, plumbing, dll : 40 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Penutup Lantai (tegel) : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Berat spesi adukan (per cm tebal) : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Dinding pas. Bata ringan : 65 kg/m<sup>2</sup>

**Beban Guna (SNI 1727-2013)**

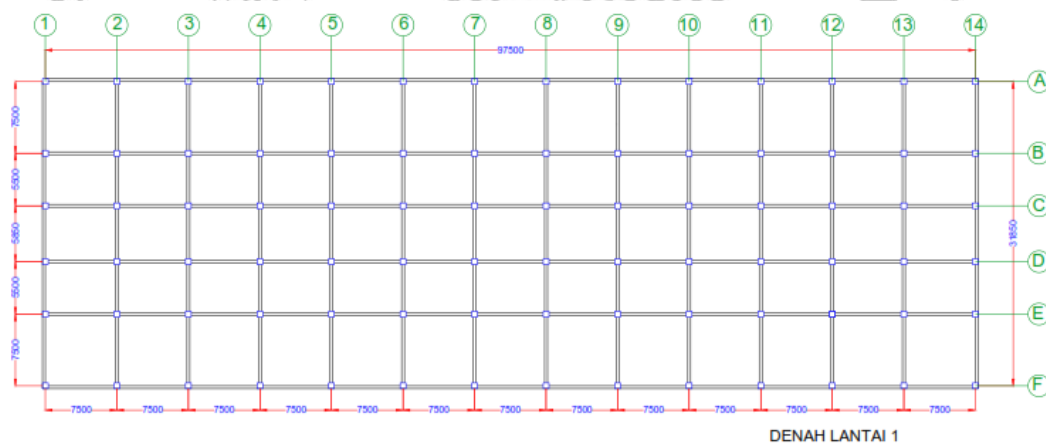
- Rumah sakit : 2.50 KN/m<sup>2</sup>
- Beban guna atap : 0.96 KN/m<sup>2</sup>
- Beban air hujan : 50 kg/m<sup>2</sup>
- Beban pekerja : 100 kg/m<sup>2</sup>



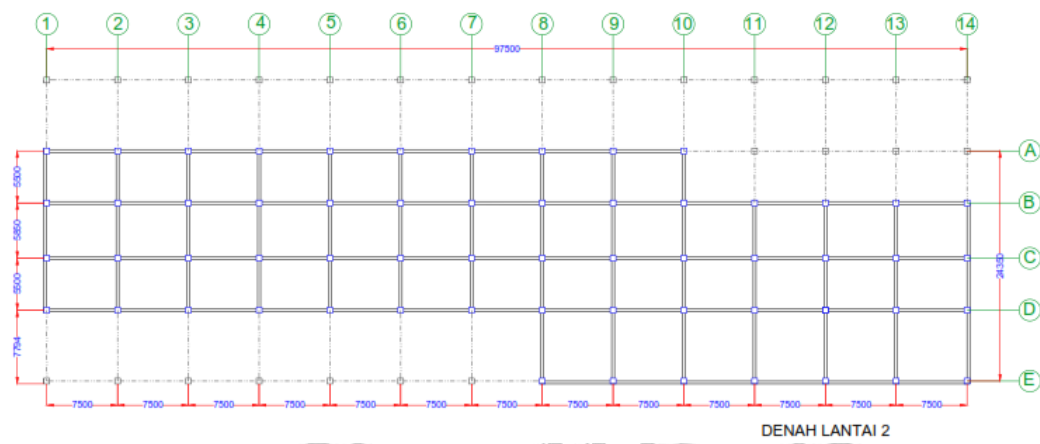
**Gambar 3.1 Denah basement**



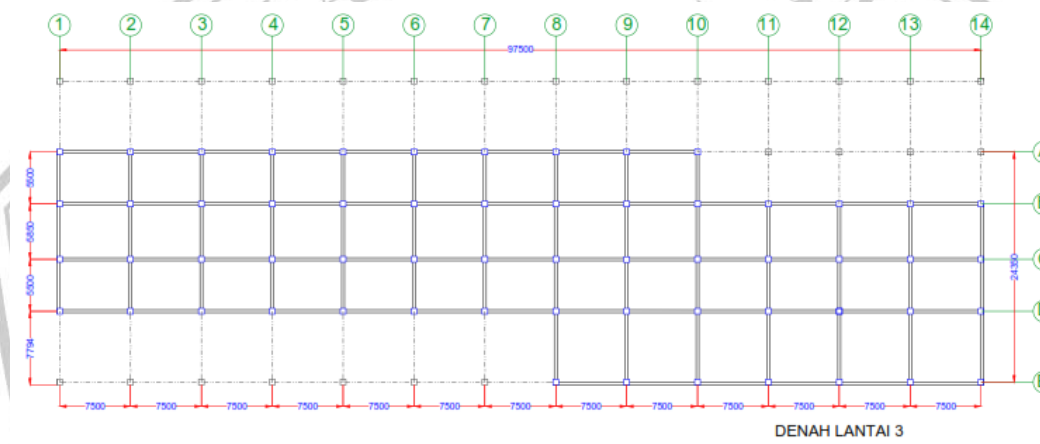
**Gambar 3.2 Denah lantai dasar**



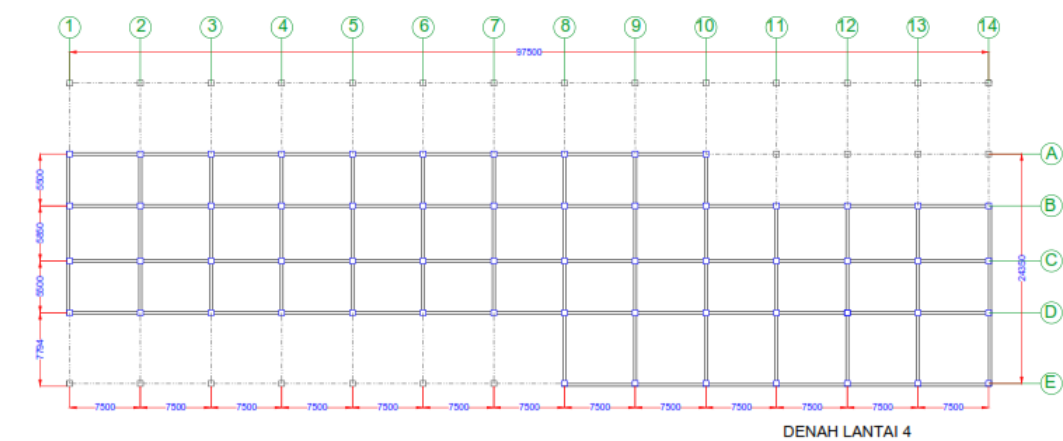
**Gambar 3.3 Denah lantai 1**



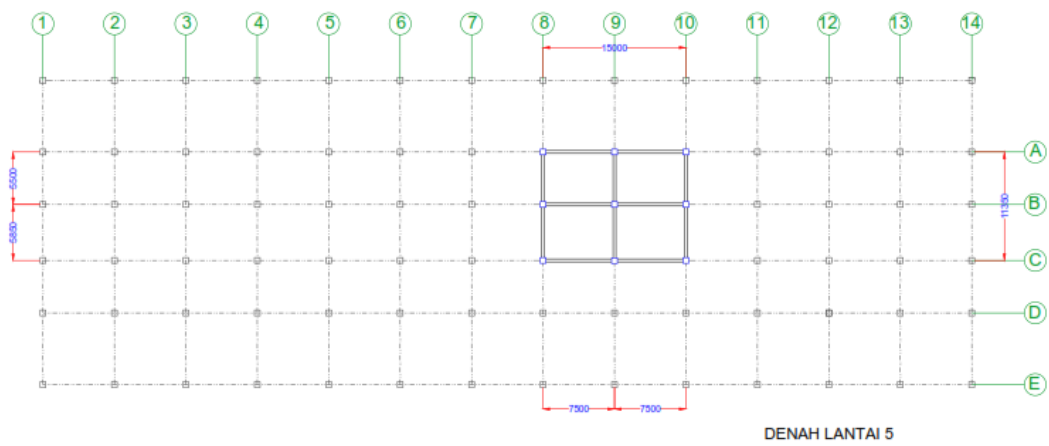
**Gambar 3.4 Denah lantai 2**



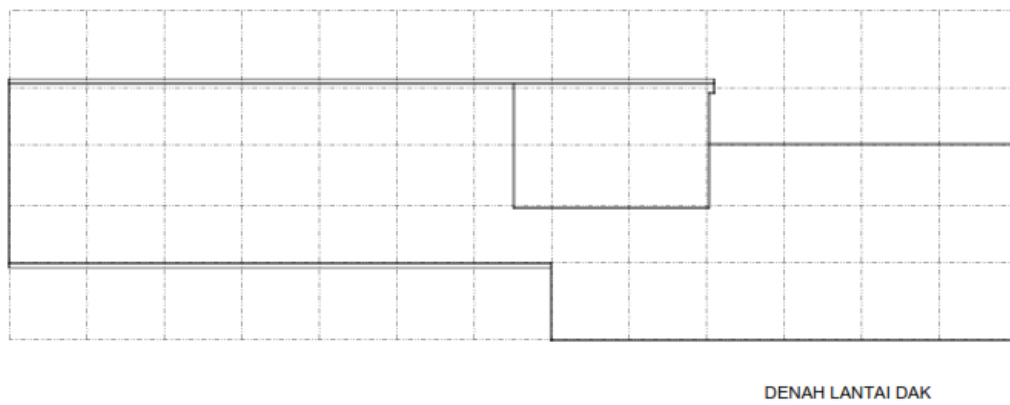
**Gambar 3.5 Denah lantai 3**



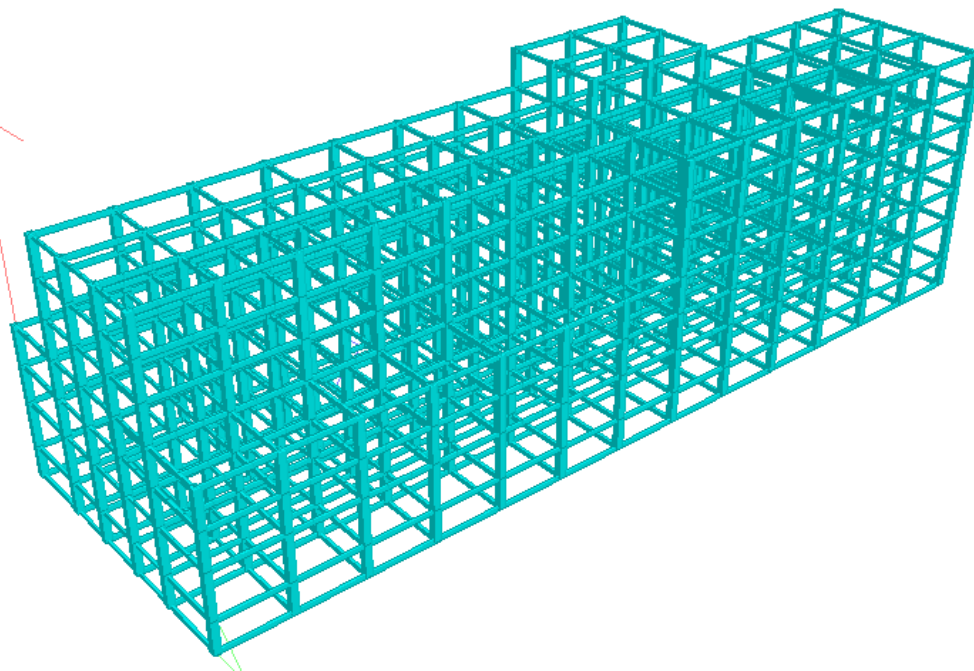
**Gambar 3.6 Denah lantai 4**



Gambar 3.7 Denah lantai 5



Gambar 3.8 Denah atap



**Gambar 3.9 Permodelan struktur**

## **1.2 Pembebanan Struktur**

Mungkin tugas paling penting dan paling sulit yang harus dihadapi oleh para perencana struktur adalah memperkirakan secara akurat beban – beban yang akan diterapkan kepada struktur tersebut. Semua beban yang mungkin muncul harus diperhitungkan. Setelah beban – beban diperkirakan, masalah berikutnya adalah memutuskan kombinasi beban terburuk yang mungkin terjadi pada saat bersamaan. Misalnya, mungkinkah sebuah jembatan jalan raya yang tertutup seluruhnya oleh es dan salju pada saat bersamaan dilewati oleh banyak trailer berat berkecepatan tinggi di setiap lajunya dan masih ditambah oleh angin dari arah samping dengan kecepatan 90 mil/jam, atau mungkinkah yang terjadi adalah kombinasi dari sebagian beban – beban di atas?

Beberapa subbab berikut ini berisi pengenalan singkat tentang jenis – jenis beban yang harus kita ketahui dengan baik oleh perencana struktur. Tujuan dari subbab ini bukanlah membicarakan tentang beban – beban secara mendetail tetapi hanya untuk memberikan suatu “rasa” kepada pembaca tentang pokok bahasan ini. Seperti yang akan anda lihat, beban dikeompakkan menjadi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

### **1.2.1 Beban Mati atau Dead Load (DL)**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan. (SNI 1727-2013 Pasal 3 No. 3.1.1)

Beban mati (*dead load*) adalah beban yang memiliki besar konstan dan terdapat pada satu posisi tertentu. Beban mati meliputi berat struktur yang sedang kita tinjau, termasuk semua bagian pelengkap yang melekat pada struktur secara permanen. Untuk bangunan beton bertulang, beberapa dari beban mati tersebut adalah berat portal, dinding, lantai, langit – langit, tangga, atap dan saluran air.

Untuk mendesain sebuah struktur, kita harus dapat memperkirakan berat atau beban mati dari berbagai bagian struktur yang akan digunakan

dalam analisis. Ukuran dan berat pasti dari bagian – bagian struktur yang tidak dapat diketahui secara tepat sebelum analisis struktur selesai dibuat dan batang – batang struktur telah ditentukan. Berat, seperti yang telah ditentukan dari desain actual, harus dibandingkan dengan berat yang diperkirakan. Jika ada perbedaan yang besar, analisis dan desain yang sudah dilakukan harus diulang kembali guna mendapatkan perkiraan berat yang lebih baik.

Perkiraan berat struktur yang masuk akal dapat diperoleh dengan cara melihat struktur – struktur yang serupa atau bisa juga dengan melihat berbagai tabel dan rumus yang terdapat di dalam kebanyakan buku pegangan teknik sipil. Perencana yang telah berpengalaman dapat memperkirakan berat sebagian besar struktur dengan cukup tepat dan hanya membutuhkan sedikit waktu untuk mengulangi desain karena perkiraan yang buruk.

### **3.2.2 Beban Hidup atau Live Load (LL)**

Beban beban hidup adalah beban yang besar dan letaknya dapat berubah. Beban hidup meliputi beban orang, barang – barang Gudang, beban konstruksi, beban kran layan gantung, beban peralatan yang sedang bekerja, dan sebagainya. Secara umum, beban hidup dipengaruhi oleh gravitasi. Beberapa beban hidup lantai yang umumnya bekerja pada struktur – struktur bangunan dimuat dalam tabel 1.2. beban – beban ini, yang diambil dari tabel 4-1 ASCE 7-96,19 bekerja kearah bawah dan terbagi merata di seluruh lantai. Sebaiknya, beban hidup atau maksimum sebesar 20 psf terbagi merata diseluruh atap.

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727-2013 Pasal 4 No. 4.1)

Macam – macam beban hidup lainnya antara lain:



*Beban lalu lintas pada jembatan.* Jembatan menerima sejumlah beban terpusat yang besarnya bervariasi yang disebabkan oleh roda – roda truk.

*Beban tumbukan.* Beban tumbukan disebabkan oleh getaran dari beban yang bergerak atau yang dapat berpindah – pindah. Sudah jelas bahwa peti kemas yang dijatuhkan ke atas lantai Gedung atau truk yang melompat ke atas perkerasan yang tidak rata pada sebuah jembatan akan mengakibatkan gaya – gaya yang lebih besar dibandingkan jika beban – beban tersebut diterapkan secara perlahan – lahan dan bertahap. Beban tumbukan ini besarnya sama dengan selisih antara besar beban sebenarnya terjadi dan besar beban dianggap sebagai beban mati.

*Beban longitudinal.* Beban longitudinal juga perlu diperhatikan dalam mendesain beberapa struktur. Memberhentikan kereta api di atas jembatan rel kereta atau memberhentikan truk di jembatan jalan raya akan menyebabkan terjadinya gaya – gaya longitudinal. Tidak sulit untuk membayangkan besarnya gaya longitudinal yang akan terjadi ketika seorang supir yang mengemudikan sebuah truk trailer seberat 40 ton dengan kecepatan 60 mph tiba – tiba mengerem truknya saat melewati jembatan jalan raya. Ada situasi lain dimana gaya longitudinal akan terjadi, misalnya kapal yang menabrak dermaga dan pergerakan dari kran bergerak yang di topang oleh portal bangunan.

*Beban – beban yang lain.* Diantara berbagai jenis beban hidup yang harus di perhatikan perencana bangunan adalah tekanan tanah (misalnya gaya akibat tekanan tanah lateral pada dinding atau tekanan ke atas pada pondasi), *tekanan hidrostatik* (misalnya tekanan air pada bendungan, gaya inersia dari air dalam jumlah banyak selama gempa bumi, dan tekanan angkat ke atas pada tangka air dan struktur *basement*), *beban ledakan* (disebabkan oleh ledakan, bom sonic, dan senjata militer), dan *gaya sentrifugal* (seperti gaya yang terjadi pada jembatan lengkung yang disebabkan oleh truk atau kereta api atau efek yang serupa pada *roller coaster*).



### 3.2.3 Beban Angin atau Wind Load (WL)

ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (SNI 1727-2013 Pasal 6 No. 1).

### 3.2.4 Beban Gempa atau Earthquake (E)

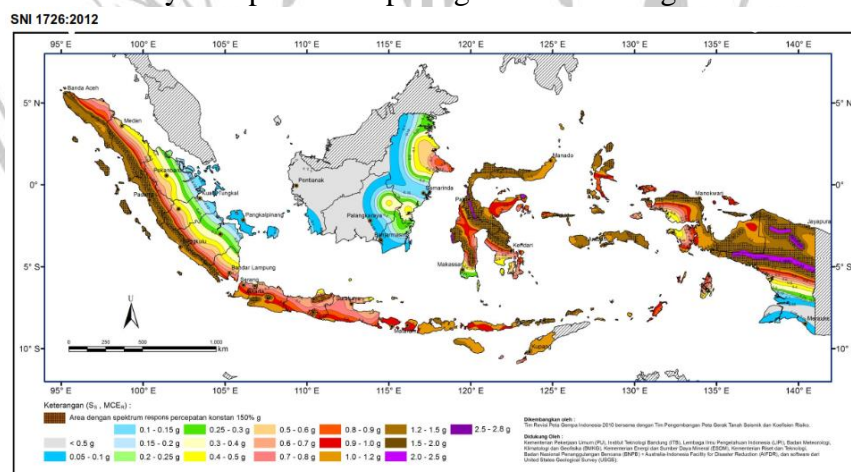
ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu (SNI 1726-2012 Pasal 3 No. 1).

#### 3.2.4.1 Wilayah Gempa Bumi di Indonesia

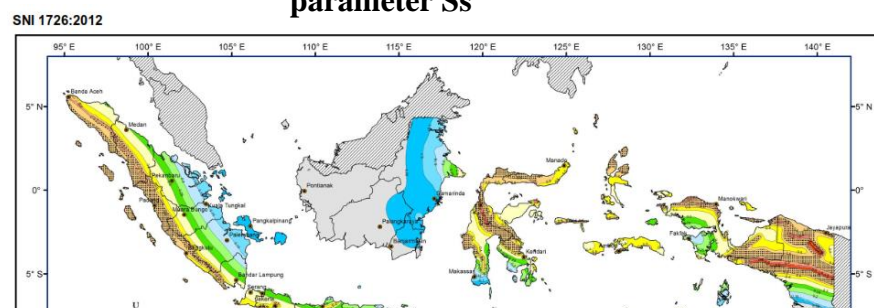
Untuk wilayah gempa bumi yang terdapat di Indonesia dapat dilihat pada SNI 1726-2012. Pada SNI 1726-2012, peta wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter percepatan gempa batuan dasar, yang terdiri dari dua buah yaitu :

- $S_s$  (Percepatan batuan dasar periode pendek 0.2 detik)
- $S_1$  (Percepatan batuan dasar periode 1 detik)

Peta wilayah dapat dilihat pada gambar 2.7 dan gambar 2.8



Gambar 3.10 Peta wilayah gempa menurut SNI 1726-2012 berdasarkan parameter  $S_s$



**Gambar 3.11 Peta wilayah gempa menurut SNI 1726-2012 berdasarkan parameter  $S_1$**

### 3.2.4.2 Kategori Risiko Bangunan

Untuk kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa sesuai dengan Tabel 2.1

**Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II

<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagala, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses penanganan, penyimpanan, penggunaan atau bahan kimia yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahayanya melebihi nilai batas yang dipersyaratkan oleh intansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya baki masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
<p>Gedung dan non geding yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang miliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya tanggap darurat</li> </ul>	<p>IV</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struk pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> <li>- Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kategori risiko IV.</li> </ul>	
--	--

### 3.2.4.3 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Perencanaan bangunan tahan gempa secara konvensional adalah berdasarkan konsep bagaimana meningkatkan kapasitas tahanan struktur terhadap gaya gempa yang bekerja padanya. Filosofi perencanaan bangunan tahan gempa yang diadopsi hampir seluruh Negara di dunia mengikuti ketentuan berikut ini:

- Pada gempa kecil bangunan tidak boleh mengalami kerusakan.
- Pada gempa menengah komponen struktural tidak boleh rusak, namun komponen non-struktural diijinkan mengalami kerusakan.
- Pada gempa kuat komponen struktural boleh mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan.

### 3.3 Kombinasi Pembebanan

Hasil dari perhitungan pembebanan di kombinasikan dan dimasukkan ke program pendukung serta kombinasi beban sesuai dengan SKSNI 03-1726-2012.

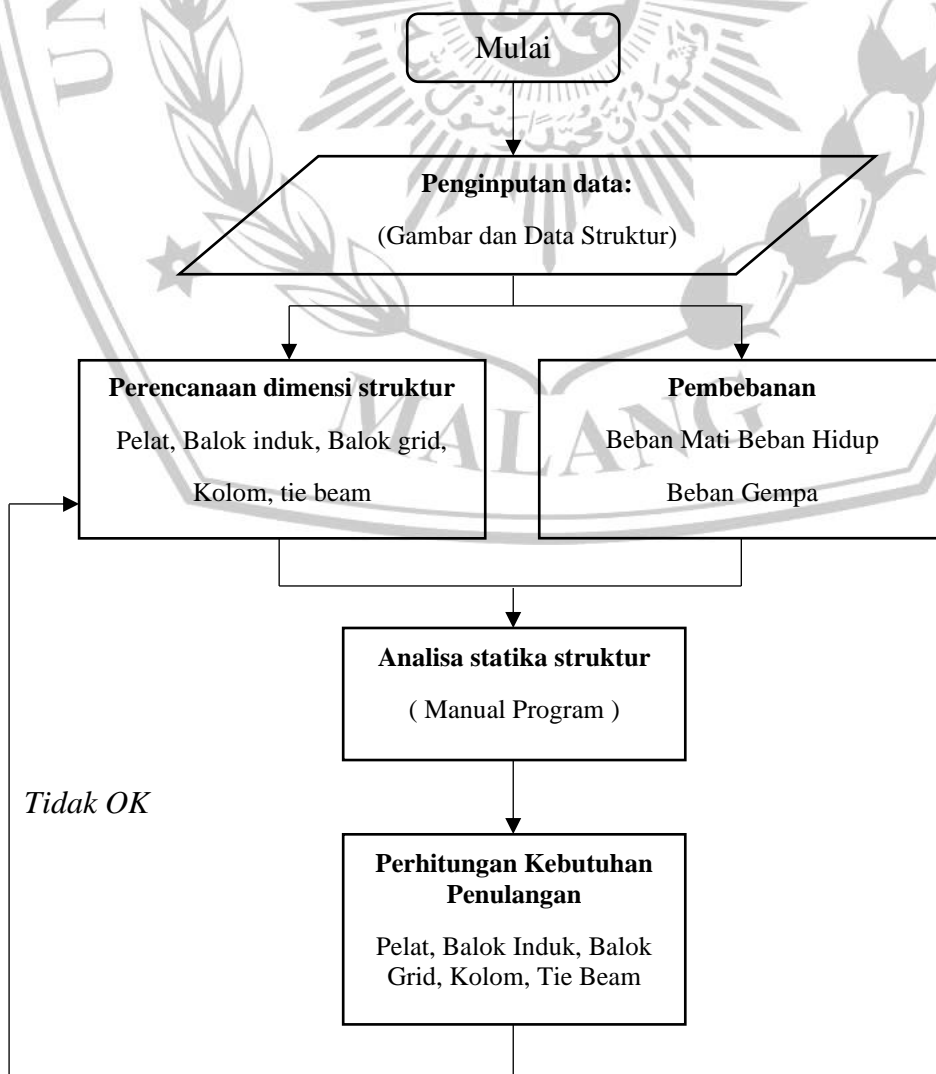
**Tabel 3.3 Kombinasi Beban untuk Metode Ultimit dan Metode Tegangan Ijin.**

Beban	Metode Ultimit	Metode Tegangan Ijin
Beban	1,4 D	D
Beban Hidup	1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)	D + L D + (Lr atau R) D + 0,75 L + 0,75 (Lr atau R)

<b>Beban Angin</b>	$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$ $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$	$0,6 D + 0,6 W$ $0,6 D + 0,7 E$ $D + (0,6W \text{ atau } 0,7 E)$ $D + 0,75 (0,6 W \text{ atau } 0,7 E)$
<b>Beban Gempa</b>	$1,2 D + 1,0 E + L$ $0,9 D + 1,0 E$	$D + 0,75 (0,6 W \text{ atau } 0,7 E) + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$

(Sumber : SNI-1726-2012 : 15-16)

### 3.4 Diagram Alir Perencanaan



#### **3.4.1 Penginputan Data**

Pada tahap ini penginputan data berisi data – data gambar dan data umum perencanaan. Data tersebut diperoleh selama melakukan Praktek Kerja Nyata.

#### **3.4.2 Perencanaan Dimensi Struktur**

Setelah penginputan data-data gambar dan struktur, langkah selanjutnya ialah melakukan pendimensial awal dari komponen struktur yang terdiri dari Pelat, Balok Induk, Balok Grid, Kolom dan *Tie Beam*.

#### **3.4.3 Pembebanan**

Perhitungan pembebanan didasarkan pada SNI 2847 2013 yang meliputi beban mati, beban hidup dan SNI 1727 2012 untuk beban gempa.

#### **3.4.4 Analisa Statika Struktur**

Setelah semua perhitungan pembebanan selesai dilakukan , tahap berikutnya adalah hasil dari perhitungan pembebanan dimasukkan dan di analisa menggunakan *Software STAADPRO* untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi pada komponen struktur.

#### **3.4.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan**

Output dari Analisa struktur kemudian digunakan untuk mencari berapa jumlah kebutuhan tulangan yang dibutuhkan pada setiap komponen struktur.

#### **3.4.6 Kontrol**

Setelah semua perhitungan dilakukan, tahap selanjutnya ialah mengontrol apakah bangunan tersebut aman atau tidak. Jika aman maka dilanjutkan dengan gambar kerja struktur, jika tidak maka perlu dilakukan perhitungan kembali dimulai dari tahapan pendimensian struktur.

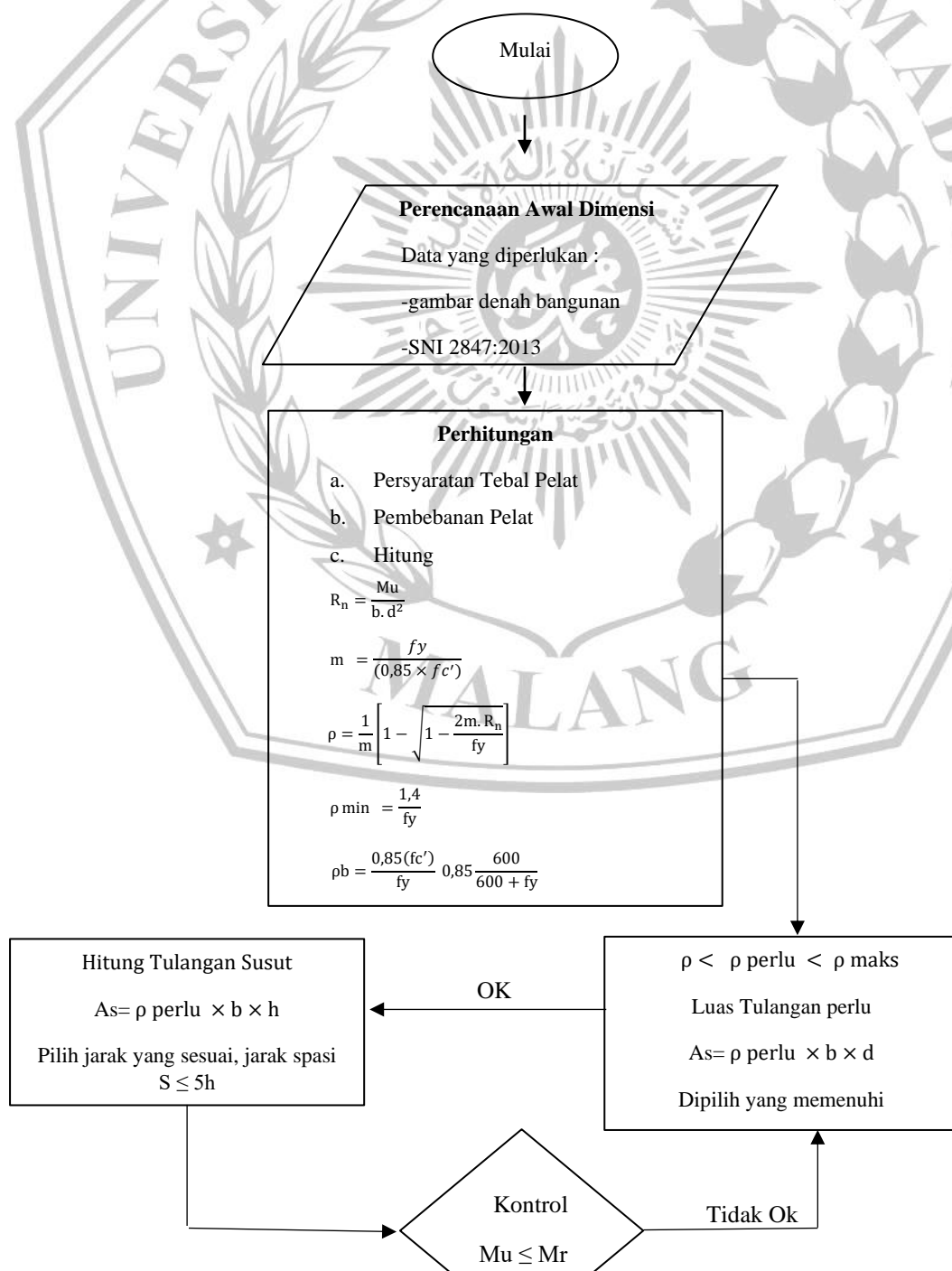
#### **3.4.7 Kesimpulan**

Tahap terakhir yaitu penarikan suatu kesimpulan dan saran dari hasil Analisa yang sudah dilakukan untuk struktur tersebut.





### 3.5 Diagram Alur Perencanaan Dimensi Pelat



### 3.5.1 Perencanaan Awal Dimensi Plat

Data awal yang dibutuhkan ialah gambar denah bangunan dan SNI 2847:2013.

### 3.5.2 Perhitungan

#### 3.5.2.1 Persyaratan tebal pelat untuk pelat satu arah

Menurut SNI 2847-2013:69, tebal minimum dalam tabel 3.1 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak di satukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

**Tabel 3. 4** Tebal minimum balok prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$h/20$	$h/24$	$h/28$	$h/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$h/16$	$h/18,5$	$h/21$	$h/8$

**CATATAN:**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:  
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density),  $w_s$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_s)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 (b) Untuk  $f_c$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_c/700)$ .

di hitung ( Sumber : SNI-2847-2013 butir 9.5.2.2)

#### 3.5.2.2 Persyaratan tebal pelat dua arah

Menurut (Dipohusodo, 1994, hal. 10), apabila plat didukung sepanjang keempat sisinya, di batasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek, dimana lentur akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus, dinamakan sebagai pelat dua arah.

##### a. Persyaratan Tebal Pelat

Untuk tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya (  $h$  ) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a)  $0,2 < \alpha f_m < 2,0$ , menggunakan rumus di bawah ini :

$$h_{\min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0,2)} \dots\dots\dots(3-1)$$

- b)  $\alpha f_m > 2,0$ , menggunakan rumus di bawah ini :

$$h_{\min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(3-2)$$

### 3.5.3 Pembebanan Pelat

#### 3.5.3.1 Untuk pelat Lantai

##### a. Beban Hidup (Wll)

– Berat sendiri plat	=	kg/m <sup>2</sup>
– Berat penutup lantai	=	kg/m <sup>2</sup>
– Berat keramik	=	kg/m <sup>2</sup>
– <u>Berat Me,Plumbing dll</u>	=	kg/m <sup>2</sup>
	Wdl	= kg/m <sup>2</sup>
	Wdl	= kN/m <sup>2</sup>

##### b. Beban Hidup (Wll)

<u>Beban guna bangunan</u>	=	kg/m <sup>2</sup>
	Wll	= kg/m <sup>2</sup>
	Wll	= kN/m <sup>2</sup>

##### c. Beban berfaktor

$$W_u = 1,2 W_{dl} + 1,6 W_{ll}$$

#### 3.5.3.2 Untuk Pelat Atap

##### a) Beban Mati (Wdl)

– Berat sendiri plat	=	kg/m <sup>2</sup>
– Berat spesi	=	kg/m <sup>2</sup>
– <u>Berat Me,Plumbing dll</u>	=	kg/m <sup>2</sup>
	Wdl	= kg/m <sup>2</sup>

$$Wdl = \text{ kN/m}^2$$

**b) Beban Hidup (Wll)**

$$- \text{ Beban pekerja} = \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{ Beban air hujan} = \text{ kg/m}^2$$

$$Wll = \text{ kg/m}^2$$

$$Wll = \text{ kN/m}^2$$

**c) Beban Berfaktor**

$$Wu = 1,2 Wdl + 1,6 Wll$$

**3.5.4 Menghitung Rasio Tulangan yang Akan Digunakan**

Dengan menentukan Nilai  $R_n = \frac{Mu}{b.d^2}$  untuk mendapatkan nilai (rasio tulangan).

$$m = \frac{fy}{(0,85 \times fc')} \dots\dots\dots(3-3)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m.R_n}{fy}} \right] \dots\dots\dots(3-4)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \dots\dots\dots(3-5)$$

$$\rho_b = \frac{0,85(fc')}{fy} 0,85 \left( \frac{600}{600+240} \right) \dots\dots\dots(3-6)$$

$$\rho_{mak} = 0,75. \rho_b \dots\dots\dots(3-7)$$

**3.5.5 Menghitung Luas Tulangan Perlu**

Setelah rasio tulangan diperoleh, langkah selanjutnya ialah mencari luas tulangan pokok dengan rumus :

$$As = \rho \text{ pakai } \times b \times d \dots\dots\dots(3-8)$$

**3.5.6 Menghitung Tulangan Susut**

Langkah selanjutnya ialah mencari luas tulangan susut dengan rumus :

$$As = \rho \text{ pakai } \times b \times h \dots\dots\dots(3-9)$$

Jarak tulangan maksimum ialah : 5h

Pemeriksaan  $d_{aktual} = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$

### 3.5.7 Kontrol Momen Nominal Kapasitas Penampang

Setelah perhitungan tulangan langkah selanjutnya ialah melakukan pengecekan momen nominal penampang dengan rumus dibawah ini :

$$a = \left( \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \dots\dots\dots(3-10)$$

$$M_n = (A_s \times f_y) \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(3-11)$$

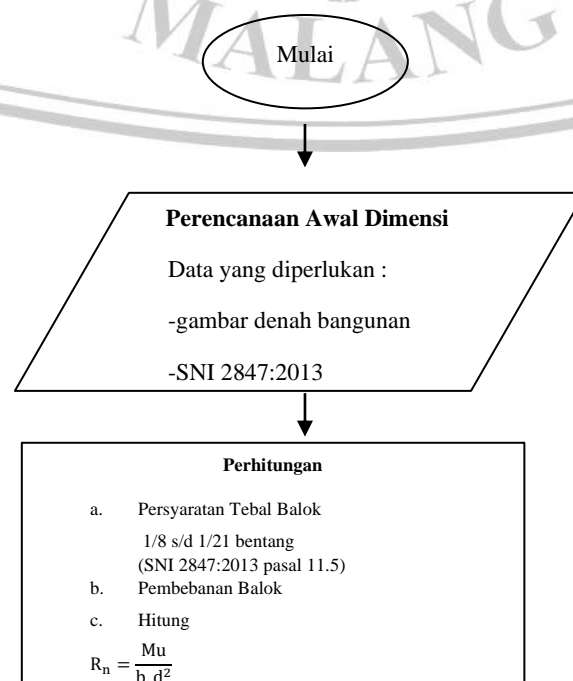
$$M_R = \phi M_n \quad (\phi = 0,8) \dots\dots\dots(3-12)$$

$M_R > M_u$  ( Momen rencana harus lebih besar dari momen ultimate)

### 3.5.8 Gambar Rencana

Langkah terakhir setelah semua perhitungan selesai ialah menggambar hasil dari perhitungan tersebut.

## 3.6 Diagram Alur Perencanaan Dimensi Balok Induk, Balok Anak dan Balok grid



### 3.6.1 Perencanaan Awal Dimensi Balok

Data awal yang dibutuhkan ialah gambar denah bangunan dan SNI 2847:2013.

### 3.6.2 Perhitungan

#### 3.6.2.1 Persyaratan Dimensi Balok

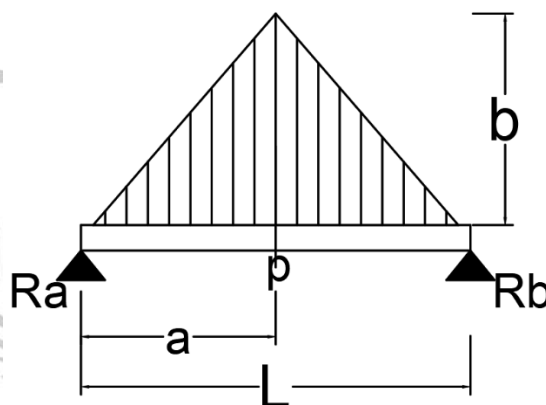
Menurut SNI 2847 pasal 11.5 bahwasanya untuk ukuran balok di tentukan bahwa tinggi balok minimum berkisar antara 1/8 bentang s/d 1/21 bentang.

$$\text{Tinggi balok (h)} = (1/10 - 1/14) \times L \dots\dots\dots(3-13)$$

$$\text{Lebar balok (b)} = (1/2-2/3) \times L \dots\dots\dots(3-14)$$

### 3.6.3 Pembebanan Balok

#### 3.6.3.1 Pendistribusian Pembebanan Dari Pelat Ke balok



Gambar 3.12 Distribusi Beban Merata Segitiga equivalen

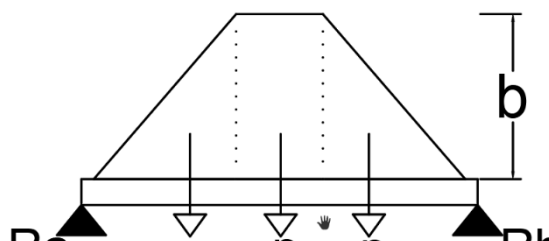
$$a = \frac{1}{2} L \dots\dots\dots(3-15)$$

$$P = \frac{1}{2} a \cdot b \dots\dots\dots(3-16)$$

$$R_a = \frac{1}{2} P$$

$$M_{\max} = 2 \times q \times ((R_a \times (a)) - (\frac{1}{2} \times P \times (\frac{1}{3} \times (a)))) \dots\dots\dots(3-17)$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q_{eq} \times L^2 \dots\dots\dots(3-18)$$



**Gambar 3.13 Distribusi Beban Merata Trapesium equivalen**

$$a = Ly - 2b \dots\dots\dots(3-19)$$

$$P1 = a \cdot b \dots\dots\dots(3-20)$$

$$P2 = \frac{1}{2} \dots\dots\dots(3-21)$$

$$Ra = \frac{1}{2} \times b^2 \times \frac{a+b}{2} = \frac{1}{2} \times 2^2 \times \frac{1+2}{2} = 2$$

$$M_{max1} = 2 \times q \times Ra \left( \frac{1}{2} \times Ly \right) - P2 \left( \frac{1}{3} \times b + \frac{1}{2} \times a \right) - P1 \left( \frac{1}{2} \times a \right) \dots\dots\dots(3-22)$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q_{eq} \times l^2 \dots\dots\dots(3-23)$$

### 3.6.3.2 Pendistribusian Pembebanan dari Pelat ke Balok

#### a. Beban Mati

- Beban sendiri pelat
- Beban sendiri balok
- **qD**

#### b. Beban Hidup

- Beban guna bangunan
- **qL**

#### c. Beban Kombinasi

$$1,2 (qD) + 1,6 (qL)$$

### 3.6.4 Menghitung Rasio Tulangan yang Akan Digunakan

Dengan menentukan Nilai  $R_n = \frac{Mu}{b \cdot d^2}$  untuk mendapatkan nilai ( rasio tulangan).



$$m = \frac{f_y}{(0,85 \times f_{c'})} \dots\dots\dots(3-24)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right] \dots\dots\dots(3-25)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(3-26)$$

$$\rho_b = \frac{0,85(f_{c'})}{f_y} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \dots\dots\dots(3-27)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(3-28)$$

### 3.6.5 Pemeriksaan Rasio Tulangan Tarik

$$\rho_{\min} < \rho_{\max}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

### 3.6.6 Menghitung Luas Tulangan Perlu

Setelah rasio tulangan diperoleh, langkah selanjutnya ialah mencari luas tulangan pokok dengan rumus :

$$A_s = \rho \text{ pakai} \times b \times d \dots\dots\dots(3-29)$$

### 3.6.7 Pemeriksaan b Perlu dan d aktual

$$\text{Pemeriksaan } b \text{ perlu} = (2 \times 40) + (2 \times \phi \text{ sengkang}) + (n \times D \text{ tulangan}) + (n-1 \times \text{jarak tulangan})$$

$$\text{Pemeriksaan d aktual} = h - \text{selimut beton} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$$

### 3.6.8 Kontrol Momen Nominal Kapasitas Penampang

Setelah perhitungan tulangan langkah selanjutnya ialah melakukan pengecekan momen nominal penampang dengan rumus dibawah ini :

$$a = \left( \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} \right) \dots\dots\dots(3-30)$$

$$M_n = (A_s \times f_y) \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(3-31)$$

$$M_R = \phi M_n \quad (\phi = 0,8) \dots\dots\dots(3-32)$$

$$M_R > M_u \quad (\text{Momen rencana harus lebih besar dari momen ultimate})$$

### 3.6.9 Perhitungan Sengkang Balok

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d \times 10^{-3} \dots\dots\dots(3-33)$$

$$- \phi V_c \dots\dots\dots(3-34)$$

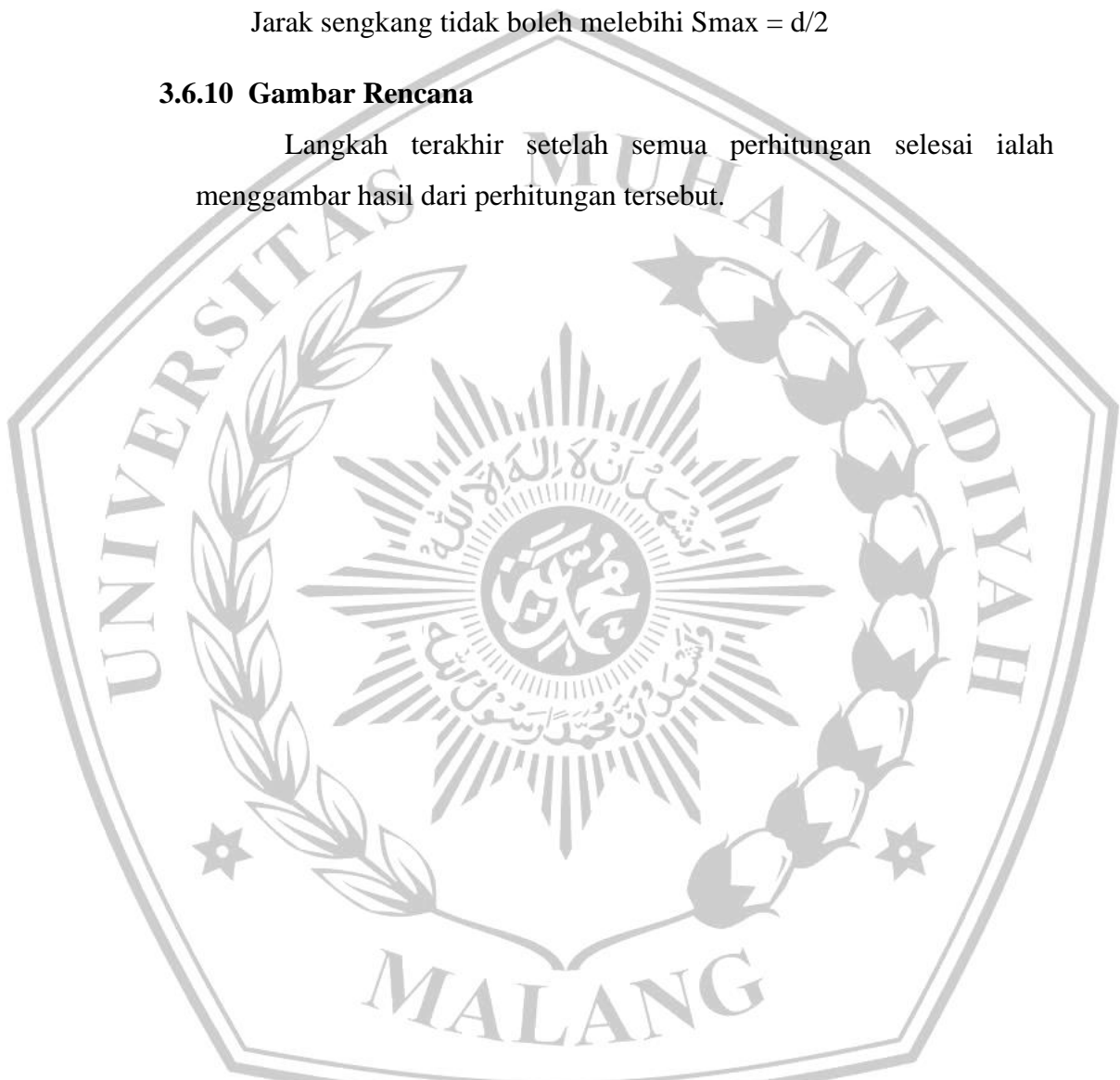
$$- V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ (OKE)} \dots\dots\dots(3-35)$$

Maka tidak diperlukan perhitungan jarak sengkangnya tetapi memerlukan tulangan geser minimum dengan persamaan sebagai berikut:

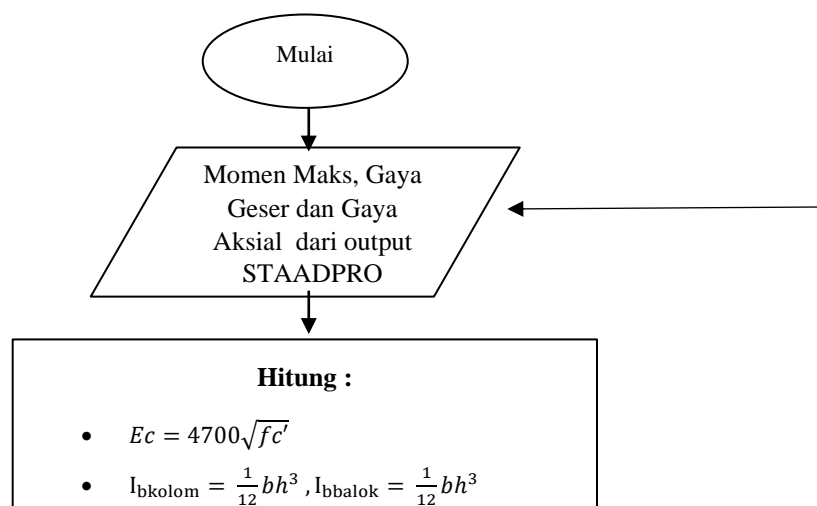
Jarak sengkang tidak boleh melebihi  $S_{max} = d/2$

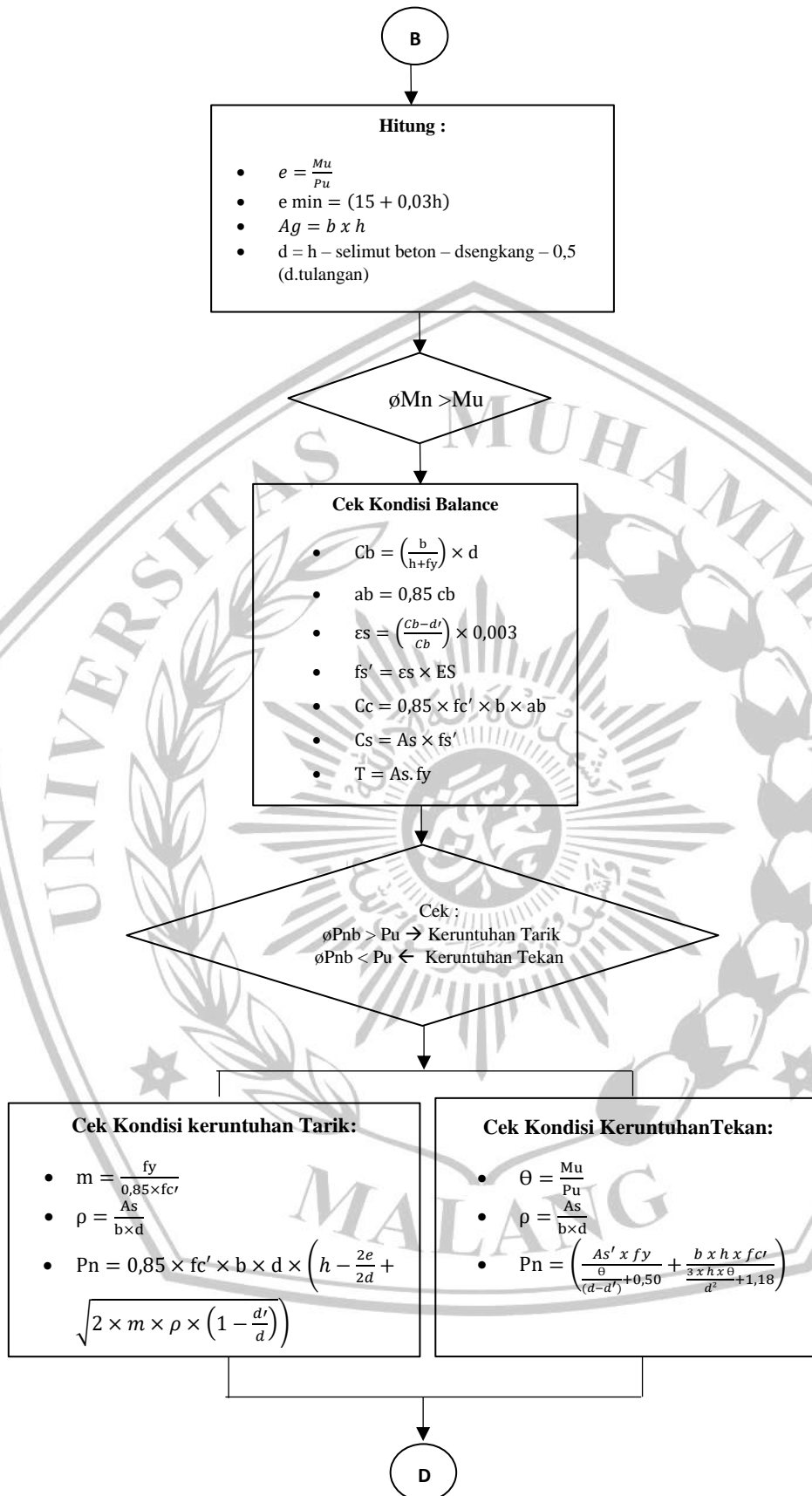
### 3.6.10 Gambar Rencana

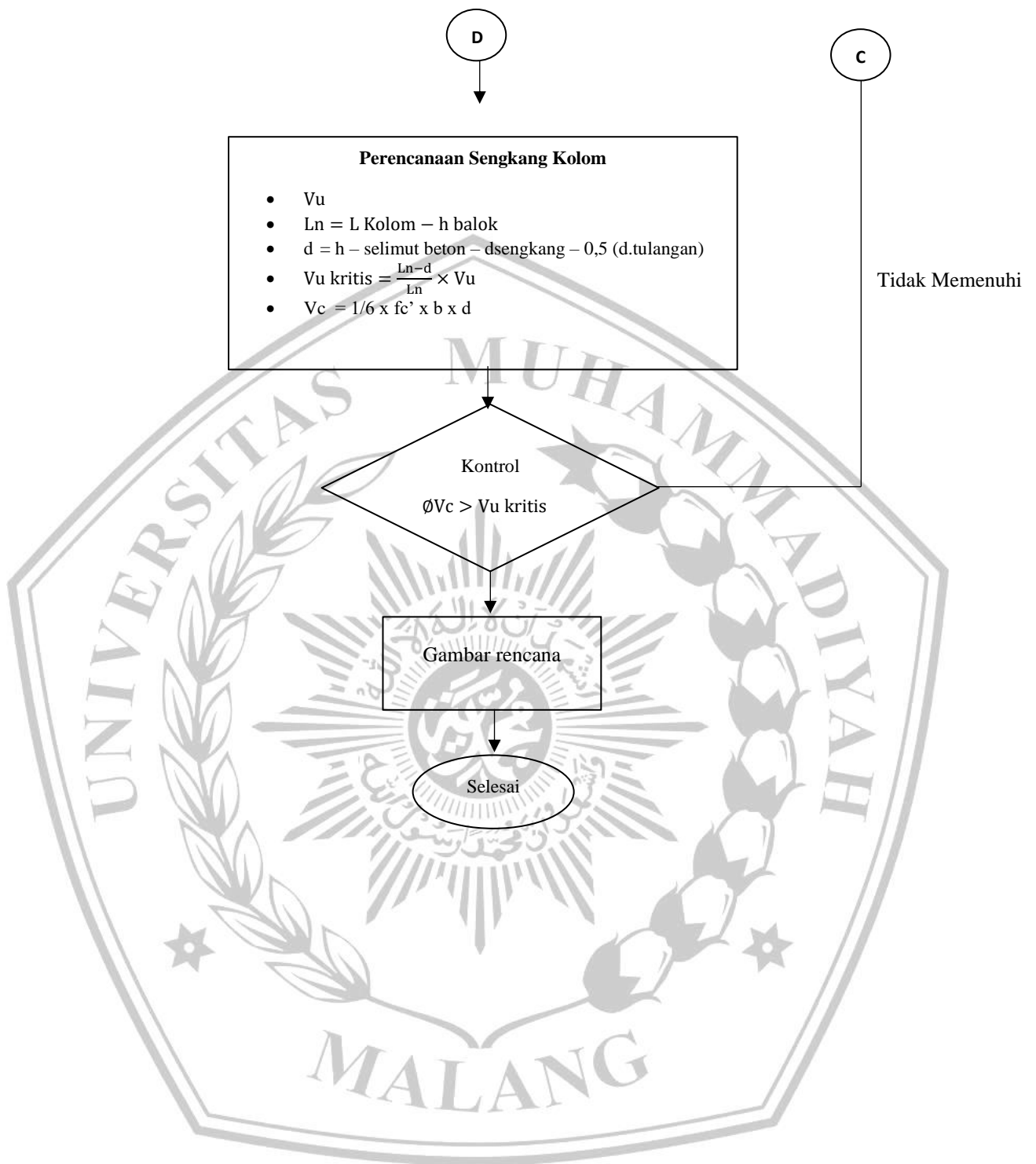
Langkah terakhir setelah semua perhitungan selesai ialah menggambar hasil dari perhitungan tersebut.



### 3.7 Diagram Alur Perencanaan Dimensi Kolom







### 3.7.1 Output dari Hasil Perhitungan STAADPRO

Output yang dihasilkan dari perhitungan staadpro ialah max momen, gaya geser dan gaya aksial yang bekerja pada kolom yang nantinya digunakan untuk perencanaan penulangan kolom tersebut.

### 3.7.2 Hitung

- Modulus Elastisitas Beton :  $E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c}$  .....(3-35)

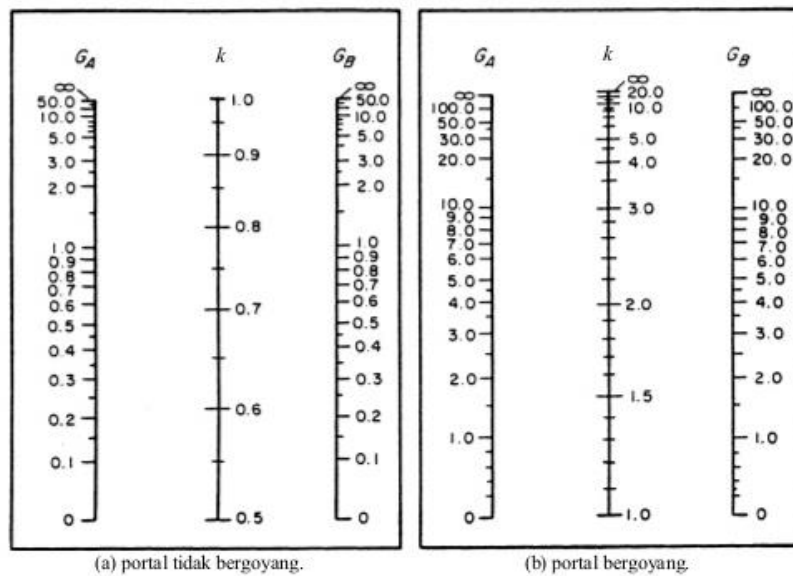
- Inersia kolom dan balok :  $I_k = \frac{1}{12} \times b \times h^3$ ,  $I_b = \frac{1}{12} \times b \times h^3$  .....(3-36)

$$EI_{kolom} = \frac{E_c \cdot I_{gkolom}}{L_{kolom}}$$

$$EI_{balok} = \frac{E_c \cdot I_{gbalok}}{L_{balok}}$$

$$\text{Faktor kekangan ujung : } \Psi = \frac{\sum EI_{kolom}}{\sum EI_{balok}}$$

- Mencari nilai k dari nomogram



Gambar 3.14 Nomogram untuk menentukan nilai k

### 3.7.3 Menentukan tipe kolom

$$r = 0,3 \times h \dots\dots\dots(3-37)$$

$L_u$  = Panjang kolom

$$\frac{Kl}{r} \leq 22 \rightarrow \text{untuk kolom pendek} \dots\dots\dots(3-38)$$

$$\frac{Kl}{r} \geq 22 \rightarrow \text{untuk kolom panjang} \dots\dots\dots(3-39)$$

### 3.7.4 Penulangan kolom

Yang dibutuhkan untuk perhitungan penulangan kolom ialah  $M_{ux}$ ,  $M_{uy}$  dan  $P_u$

Hitung :

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots(3-40)$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03h) \dots\dots\dots(3-41)$$

$$A_g = b \times h \dots\dots\dots(3-42)$$

$$d = h - \text{selimut beton} - d_{\text{sengkang}} - 0,5 \text{ (d.tulangan)}$$

### 3.7.5 Cek Momen Nominal Kapasitas Penampang

Setelah perhitungan tulangan langkah selanjutnya ialah melakukan pengecekan momen nominal penampang dengan rumus dibawah ini :

$$a = \left( \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \dots\dots\dots(3-43)$$

$$M_n = (A_s \times f_y) \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(3-44)$$

$$M_R = \phi M_n \text{ (} \phi = 0,8 \text{)} \dots\dots\dots(3-45)$$

$M_R > M_u$  ( Momen rencana harus lebih besar dari momen ultimate)

### 3.7.6 Cek kondisi *Balance*

langkah selanjutnya ialah melakukan pengecekan penampang kolom bertulangan seimbang menggunakan rumus dibawah ini :

$$C_b = \left( \frac{b}{h + f_y} \right) \times d \dots\dots\dots(3-46)$$

$$a_b = 0,85 \times c_b \dots\dots\dots(3-47)$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{C_b - d'}{c_b} \right) \times 0,003 \dots\dots\dots(3-48)$$

- $f_s' = \epsilon_s \times E_s$ .....(3-49)
- $C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a_b$ .....(3-50)
- $C_s = A_s \times f_s'$ .....(3-51)
- $T = A_s \cdot f_y$ .....(3-52)

### 3.7.7 Cek keruntuhan Tarik atau Tekan

#### 3.7.7.1 Keruntuhan Tarik

Terjadi apabila besarnya beban ultimate penampang ( $P_u$ ) lebih kecil dari beban kondisi balance ( $P_{u_b}$ ) dan eksentrisitas beban ultimate ( $e$ ) lebih besar dari eksentrisitas pada kondisi balance.

$$P_u < P_{u_b} \text{.....(3-53)}$$

$$e > e_b \text{.....(3-54)}$$

Kapasitas penampang untuk keruntuhan Tarik adalah :

$$P_n = 0,85 \times f_c' \times b \times d \times \left( h - \frac{2e}{2d} + \sqrt{2 \times m \times \rho \times \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right) \text{.....(3-55)}$$

Dimana :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \text{.....(3-56)}$$

$$m' = m - 1 \text{.....(3-57)}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \text{.....(3-58)}$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b \times d} \text{.....(3-59)}$$

#### 3.7.7.2 Keruntuhan Tekan

Terjadi apabila besarnya beban ultimate penampang ( $P_u$ ) lebih besar dari beban kondisi balance ( $P_{u_b}$ ) dan eksentrisitas beban ultimate ( $e$ ) lebih kecil dari eksentrisitas pada kondisi balance.

$$P_u > P_{u_b} \text{.....(3-60)}$$

$$e < e_b \text{.....(3-61)}$$

Kapasitas penampang untuk keruntuhan Tekan adalah :



$$P_n = \left( \frac{A_s' \times f_y}{\frac{\theta}{(d-d')^2} + 0,50} + \frac{b \times h \times f_c'}{\frac{3 \times h \times \theta}{d^2} + 1,18} \right) \dots \dots \dots (3-62)$$

### 3.7.8 Perencanaan Sengkang Kolom

$V_u$

$L_n = L_{kolom} - h_{balok}$

$d = h - \text{selimut beton} - d_{sengkang} - 0,5 \text{ (d.tulangan)}$

$$V_u \text{ kritis} = \frac{L_n - d}{L_n} \times V_u \dots \dots \dots (3-63)$$

Gaya Geser Beton :

$$V_c = 1/6 \times f_c' \times b \times d \dots \dots \dots (3-64)$$

Kontrol :

$$\phi V_c = 0,65 \times V_c \dots \dots \dots (3-65)$$

$$\phi V_c > V_u \text{ kritis} \dots \dots \dots (3-66)$$

Sengkang yang digunakan memiliki diameter 10 mm, jarak maksimum sengkang diambil dari nilai terkecil dari :

- $s = 48 \times d_{sengkang} \dots \dots \dots (3-67)$

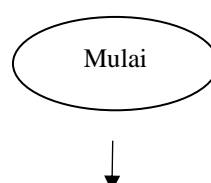
- $s = 16 \times d_{tul \text{ utama}} \dots \dots \dots (3-68)$

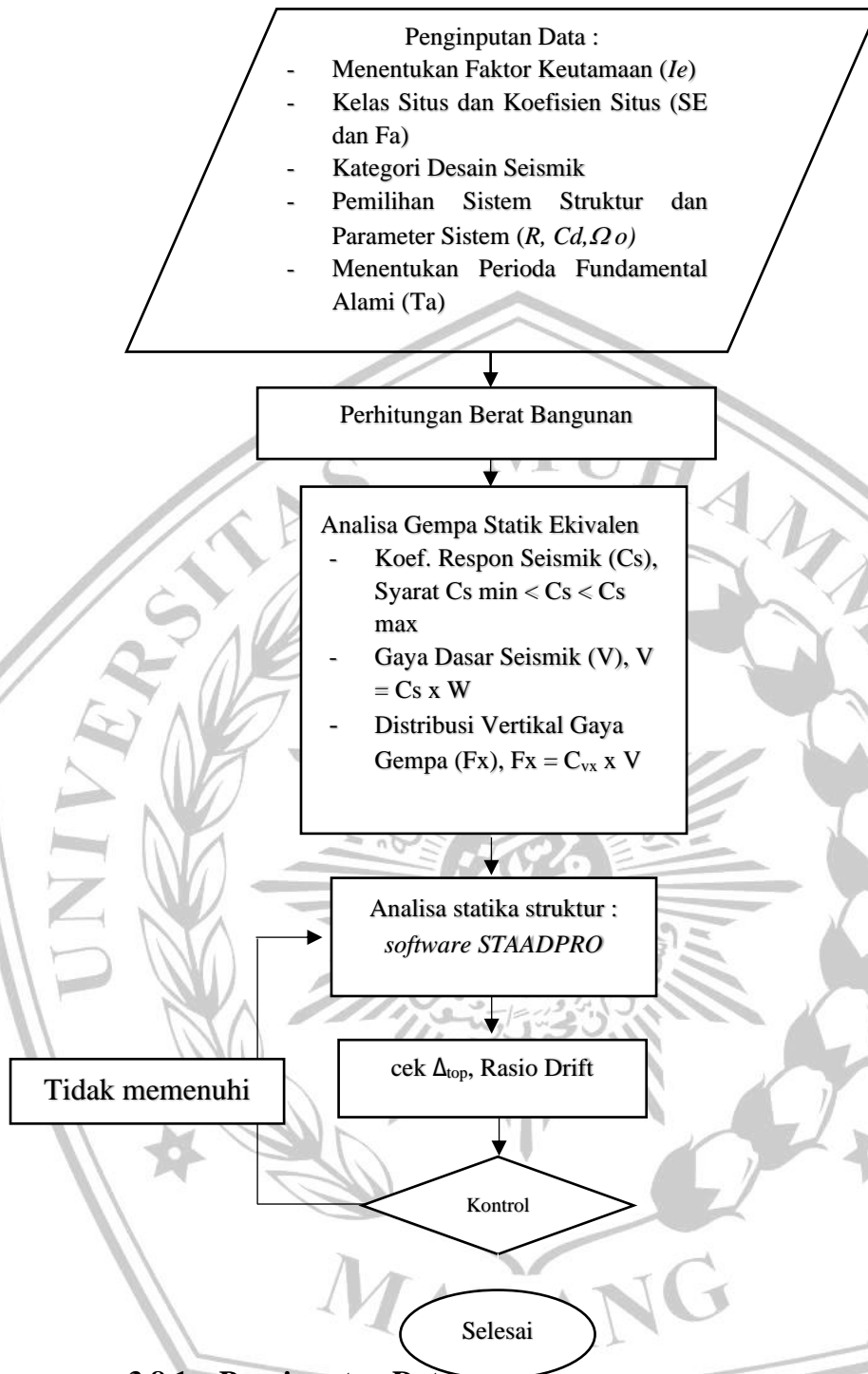
- $s = \text{Lebar Penampang kolom} \dots \dots \dots (3-69)$

### 3.7.9 Gambar Rencana

Langkah terakhir setelah semua perhitungan selesai ialah menggambar hasil dari perhitungan tersebut.

## 3.8 Diagram alur Analisa Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012





### 3.8.1 Penginputan Data

- a. Faktor keutamaan ( $I_e$ ) ditentukan menggunakan

Tabel 3.5 Tabel Keutamaan ( $I_e$ ) dari SNI 1726:2012.

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

- b. Kelas situs diperoleh dari data tanah, sedangkan koefisien situs diperoleh dari

Tabel 3.6 Tabel koefisien situs  $F_a$ .

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>a</sup>				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

- c. Kategori Desain Seismik ditentukan dari

Tabel 3. 7 Kategori desain seismik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

- d. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem ( $R, C_d, \Omega_o$ ) didasarkan pada

Tabel 3.8 Tabel Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem ( $R, C_d, \Omega_o$ )

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_o^d$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	6	2½	5	TB	TB	45	45	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	45	45	30
<b>C.Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	6	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	45	30	Ti
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>10</sup>	Ti <sup>f</sup>	Ti <sup>f</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	Ti <sup>f</sup>	Ti <sup>f</sup>	Ti <sup>f</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	6	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	Ti	Ti	Ti

- e. Menentukan periode fundamental alami menggunakan persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots (3-69)$$

$$T_a \max = C_u \cdot T_a \dots\dots\dots (3-70)$$

Dimana  $h_n$  adalah ketinggian struktur dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  di tentukan dari

**Tabel 3.9 tabel ketinggian struktur dan koefisien  $C_t$  dan  $x$**

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

### 3.8.2 Perhitungan Berat bangunan ( W )

Berat keseluruhan dari komponen struktur dari bangunan tersebut yang meliputi beban hidup dan beban mati.

### 3.8.3 Analisa Gempa Statik Ekuivalen

#### a. Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan **SNI 1726:2012;54**. Perhitungan koefisien seismik harus di tentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots \dots \dots (3-71)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

$$C_{s \min} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \dots \dots \dots (3-72)$$

$$C_{s \max} = \frac{SD1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots \dots \dots (3-73)$$

### b. Gaya Dasar Seismik

Gaya dasar seismik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = C_s \times W \dots \dots \dots (3-74)$$

### c. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ )(kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \times V \dots \dots \dots (3-75)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \dots \dots \dots (3-76)$$

Keterangan :

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral desain total atau geser didasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian dari berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$k$  = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

a)  $k = 1$ , untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 detik atau kurang

b)  $k = 2$ , untuk struktur yang mempunyai perioda 2,5 detik atau lebih

- c) k harus sebesar 2 atau di interpolasi linier 1 dan 2, i = untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 dan 2,5 detik

### 3.8.4 Analisa Statika

Analisa Statika di hitung dengan menggunakan analisa software STAAD.Pro v81. dan dapat dilakukan setelah menghitung beban gravitasi dan beban gempa yang terjadi dihasilkan nilai momen, gaya lintang, dan gaya aksial yang terjadi pada portal serta nilai drift (simpangan) yang terjadi, sehingga stabilitas gedung dapat di tinjau.

### 3.8.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI:1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a \dots \dots \dots (3-77)$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I_e}$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times \frac{C_d}{I_e} \dots \dots \dots (3-78)$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang terjadi akibat beban gempa di tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang terjadi akibat beban gempa di tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung

Di dalam SNI:1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx} \dots \dots \dots (3-79)$$

Dimana :

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

$$Drift-ratio = \frac{\Delta_{top}}{H} < 0,0025 \dots \dots \dots (3-80)$$

